

Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México

Assessment of the physicochemical quality of the raw milk produced in smallholder dairy systems in two regions of the State of Mexico

Luz Raquel Bernal Martínez* María de los Ángeles Rojas Garduño* Carina Vázquez Fontes*
Angélica Espinoza Ortega* Julieta Estrada Flores* Octavio Alonso Castelán Ortega*

Abstract

Smallholder dairy farmers from the State of Mexico, México face the challenge of meeting the quality standards established by Mexican regulations stated in the Mexican Norm (NMX) NMX-F-700-COFOCALEC-2004 for raw milk. The objective of this work was to determine the physicochemical quality of raw milk in different seasons, regions and among farmers whose principle or complimentary income proceeds from the dairy activity. Adulteration of milk by added water was also evaluated. The variables measured were pH, acidity, density, fat, protein, lactose, total solids, ash content and added water. Three hundred and sixty samples were taken during six experimental periods, from August 2003 to July 2004. A split plot design was used, where the blocking factor were: the zones, the main plot, the farmers according to their dairy activity and the split plots, during the six sampling periods. Results were analyzed by analysis of variance, Tukey test, correlation and regression analysis. It was observed that the physicochemical quality of the milk meets the levels established by the NMX for north and south regions of Mexico, for importance and periods. Significant differences ($P < 0.05$) were observed for fat, density and total solids contents between zones. Significant differences ($P < 0.05$) were found for density between type of farmers, and between periods ($P < 0.05$) for fat, density and ash contents. It was observed that 6.4% of samples were adulterated with added water, which produced a negative correlation between the percentage of added water and milk density ($r = 0.9$, $P < 0.05$), protein and fat contents ($r = -0.9$, $P < 0.05$).

Key words: MILK, PHYSICOCHEMICAL QUALITY, FARMERS, ADULTERATION.

Resumen

Uno de los desafíos que enfrentan los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México, México, consiste en cumplir estándares de calidad establecidos en la Norma Mexicana (NMX) NMX-F-700-COFOCALEC-2004 para leche cruda. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad fisicoquímica de la leche en diferentes épocas del año, zonas, y entre productores con actividad lechera principal o complementaria a su fuente de ingresos, así como la presencia de adulteraciones por agua agregada. Se determinó pH, acidez, densidad, contenido de grasa, proteína, lactosa, sólidos totales, cenizas y agua agregada. Se tomaron 360 muestras de leche en seis periodos; de agosto de 2003 a julio de 2004. Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas, donde los factores de bloqueo fueron: las zonas, la parcela mayor, los productores, según su actividad lechera, la parcela menor y los seis periodos. Los datos se sometieron a análisis de varianza, prueba de Tukey y análisis de correlación y regresión. Se observó que la calidad fisicoquímica de la leche cumple con la NMX para las zonas norte y sur de México, por importancia y por periodos. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en contenido de grasa, densidad y sólidos totales por zonas. También para densidad entre tipo de productores ($P < 0.05$), y para periodos ($P < 0.05$) en grasa, densidad y cenizas. El 6.4% de las muestras de leche estaban adulteradas con agua; como resultado de esto, se observó correlación negativa entre el porcentaje de agua agregada y la densidad ($r = 0.9$, $P < 0.05$), y entre el contenido de proteína y grasa ($r = -0.9$, $P < 0.05$).

Palabras clave: LECHE, CALIDAD FISICOQUÍMICA, CAMPESINOS, ADULTERACIÓN.

Recibido el 22 de agosto de 2005 y aceptado el 21 de septiembre de 2006.

*Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA), Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, Col. Centro, 50000, Toluca, Estado de México, México, correo electrónico: oaco@uaemex.mx

Introduction

Around 30% of the national milk production in Mexico is provided by smallholder dairy systems. There are approximately 1 470 000 cows in these systems, distributed in more than 100 thousand productive units.¹ These farms face the challenge of achieving the quality standards established by the Mexican Norm for raw milk,² contending with milk and dairy products from other enterprises by price, availability or quality. This is a consequence of the commercial opening within the North American Free Trade. Viability of the production systems may be affected by this challenge.

Smallholder dairy systems in central Mexico are defined as production units on small land surfaces, three to 20 cows, with or without sown fields.³ Herds are mixed breed from Swiss, Creole and mainly Holstein. Feed is based on corn stubble, oat, ground corn, sown plants, native-plant grazing and sown fields in a lesser degree. Corn and agroindustrial byproducts are used as supplements, along with commercial balanced products.⁴

Manual milking is the principal system in which workers are mainly family members.⁵ Milk selling provides the family income, complemented by assorted activities in or out milk production or fixed-salary jobs in the city.⁶ Milk production is sold to local dairy-agricultural manufacturers, craft-cheese makers and transnational enterprises, or by intermediary sellers, who collect milk straightly from the production unit and then take it to the cities where it is sold directly to the people without any previous cooling or pasteurization treatment.^{7,8} Nowadays, quality is not an important element for price determination for smallholder dairy farmers, even considering that volume is more important for intermediary sellers than solid content or bacteriological quality of the milk. The number of producers that sell milk to cheese makers is growing in the northeastern region of the State of Mexico. However, cheese industry requires a better milk quality, especially regarding solid content.³

Unfortunately, there is little information on the quality of the milk produced by smallholder dairy farmers in the State of Mexico, due to the fact that a minimum quality level has never been required from producers, in spite of the established by Mexican legislation. This situation may be attributable to the underestimation of milk production from smallholder dairy farmers. If this is a problem to incorporate farmers to the formal dairy commerce, is unknown. Because of this, the aim of this study was to assess the physico-chemical quality of the milk produced by smallholder dairy farmers from two regions of the State of Mexico, based on the NMX-F-700-COFOCALEC-2004 Mexi-

Introducción

En México, alrededor de 30% de la producción nacional de leche la aportan los sistemas campesinos. El número aproximado de vacas en este sistema es de 1 470 000, distribuidas en más de 100 mil unidades productivas.¹ Uno de los desafíos que éstas enfrentan se relaciona con el cumplimiento de estándares de calidad que establece la Norma Mexicana para leche cruda,² que compite con la leche y productos lácteos de otras empresas como consecuencia de la apertura comercial dentro del marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, ya sea por el precio, la comodidad, o por la calidad. Este reto puede tener gran incidencia sobre la viabilidad de sistemas de producción.

Los sistemas campesinos de producción de leche en el centro de México se definen como las unidades de producción con pequeñas superficies de tierra; aunque pueden no tener tierra de cultivo, cuentan con un máximo de 20 vacas y un mínimo de tres,³ este ganado es producto de cruces de razas: Suizo, Criollo y predominantemente Holstein. La alimentación se basa en rastrojo de maíz, avena, maíz molido, arveneses, pastoreo de praderas nativas y, en menor medida, praderas cultivadas; como complementos utilizan principalmente maíz en grano y subproductos agroindustriales, y en menor cantidad, alimentos balanceados comerciales.⁴

Predomina el sistema de ordeño manual y se ocupa casi totalmente mano de obra familiar.⁵ La venta de leche proporciona ingresos para la familia, que se complementan con otros generados por diversas actividades dentro de la unidad de producción o fuera de ésta, en trabajos asalariados en la ciudad.⁶ La producción de leche se vende a agroindustrias locales procesadoras de lácteos, queserías artesanales y empresas transnacionales, o se comercializa mediante intermediarios, quienes la recolectan directamente de la unidad de producción y luego la llevan a las ciudades, donde se vende de manera directa al público, sin ningún tratamiento previo de enfriamiento o pasteurización.^{7,8} En el Estado de México, México, actualmente la calidad no es un elemento importante para determinar el precio que se paga a los productores campesinos por la leche, aun si se considera que para los intermediarios es más importante el volumen líquido que la producción de sólidos de leche o la calidad bacteriológica. Asimismo, cada vez es mayor el número de productores que vende la leche a los fabricantes de quesos en la región noroeste del Estado de México. Sin embargo, para este fin se requiere mejor calidad de leche, en particular su contenido de sólidos,³ lo cual se entiende porque la leche se transforma principalmente en quesos.

can Norm,² in different seasons. Furthermore, the effect provoked by the producer specialization level was considered, based on the importance of the dairy production as economical activity and the presence of water addition to the milk. Finally, milk was classified according to the categories established by the NMX.

Material and methods

Studied area

Two milk-producing areas were chosen in the State of Mexico, Mexico. The first one in the northern region (NR), including Aculco (20° 10' 13" N and 99° 55' 40" W) and Jilotepec (20° 11' N and 99° 26' 33" W) municipalities. The second one is located in the central region (CR) including Almoloya de Juárez (99°51 W and 19°24 N) and Temoaya (99°41.1 W and 19°27.3 N) municipalities. The CR of the State of Mexico has the first place in milk production; most of it is sold as raw milk by intermediate sellers. Meanwhile, the NR is in the fourth place; in this region, 82% of the milk is used for cheese production, and the rest is sold as liquid milk.^{6,9} Both regions have been already studied by the Research Center for Agricultural and Animal Production Science (CICA), regarding production system characteristics.^{3-6,10}

Ingredients used by the producers for animal feed during the study are depicted in Table 1, along with the ratio of producers using each ingredient. Most of the herd diets are limited to corn stubble; more than half of the producers graze their herds five to six hours a day and a quarter makes fresh cuts and has watering availability. The main native and naturalized pastures found at the production units are: rye grass (*Agrostis estolonifera*), colonial bentgrass (*Agrostis tenuis*), golden foxtail (*Alopecurus pratensis*), *Asistida hintoni*, blue grama (*Bouteloua gracilis*), hairy grama (*Bouteloua hirsuta*), bermudagrass (*Cynodon dactylon*), large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*), *Eleocharis dombeyana*, goose foot (*Eleusine multiflora*), *Enchinocloa aplismenoides*, *Hilaria crenchioides*, barrel medic (*Medicago trunculata*), kikuyu (*Pennisetum clandestinum*), smutgrass (*Sporobolus poiretti*, *S. indicus*) and Aztec clover (*Trifolium amabile*).¹¹ Furthermore, sown plants are the main forage available during the rainy season, mostly from corn growth. Carretero¹² identified 30 species, mainly from the Asteraceae and Poaceae families, being *Tridax rosea* Sch. Bip the most common species. Oat and alfalfa is bought in almost all of the cases, corn is ground and mixed with other ingredients most of the times. The amount of commercial concentrate varies according to the economical situation of each farmer (Table 1).

Desafortunadamente, existe poca información sobre la calidad de la leche que se produce en sistemas campesinos del Estado de México, debido a que nunca se les ha exigido a los productores un nivel mínimo de calidad, a pesar de que la legislación mexicana lo establece. Esta situación puede deberse a que el volumen de leche producido en los sistemas campesinos siempre se ha subestimado. Se desconoce si lo anterior representa un problema que les impida incorporarse al mercado formal de lácteos. En función de lo anterior, el objetivo de este trabajo consistió en determinar la calidad fisicoquímica de la leche producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México, con base en la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004,² en diferentes épocas del año; asimismo, se consideró el efecto que provoca el nivel de especialización de los productores, entendido como el lugar que ocupa la lechería como actividad económica, y la presencia de adulteraciones por agua. Finalmente, se clasificó la leche según las categorías que establece la NMX.

Material y métodos

Zona de estudio

Se seleccionaron dos zonas productoras de leche en el Estado de México, México; la primera ubicada en la región norte (ZN), considerando a los municipios de Aculco (20° 10' 13" N y 99° 55' 40" O) y Jilotepec (20° 11' N y 99° 26' 33" O). La segunda, localizada en el centro (ZC) con los municipios de Almoloya de Juárez (99°51 O y 19°24 N) y Temoaya (99°41.1 O y 19°27.3 N). La región centro del Estado de México aparece como el primer lugar de producción de leche que se comercializa casi en su totalidad como leche "bronca" a través de intermediarios, mientras que en la región norte del estado ocupa el cuarto lugar, con la particularidad de que en esta zona, 82% de la producción se destina a la industria quesera, y el resto a la venta directa como leche fluida.^{6,9} Ambas zonas de estudio ya han sido objeto de diversos estudios realizados en el Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA), acerca de las características de su sistema de producción.^{3-6,10}

Los ingredientes utilizados por los productores para la alimentación del ganado a lo largo del presente estudio se describen en el Cuadro 1, así como la proporción de productores que usan dicho ingrediente. La mayoría de los hatos están sujetos al uso de rastrojo de maíz, más de la mitad de los productores pastorean a su ganado de cinco a seis horas, una cuarta parte realiza corte en fresco y cuenta con la disponibilidad de agua para riego. Las principales pasturas nativas y naturalizadas, encontradas en las unidades de pro-

Cuadro 1

PRODUCTORES QUE HACEN USO DE LOS INGREDIENTES ENCONTRADOS
EN LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN CAMPESINA (%)

PRODUCERS THAT USE INGREDIENTS FOUND IN THE SMALLHOLDER
DAIRY FARMERS (%)

<i>Forages</i>	<i>Season</i>		<i>Concentrated</i>	<i>Season</i>	
	<i>Dry</i>	<i>Rainy</i>		<i>Dry</i>	<i>Rainy</i>
Corn stubble	87	78	Corn	57	57
Prairie (chopped or grazed)	72	60	Concentrated	65	63
Oat hay	23	0	Poultry feces	30	30
Alfalfa	17	12	Sorghum	5	5
Sown plants	0	37	Soy coat	12	12
Corn silage	7	0	Bran	17	17
			Rice coat	12	12
			Molasses	12	12
			By-product; soybean, corn	8	8

Sample collection

Milk samples were taken from 60 herds of smallholder dairy farmers, 30 from each region, as well as 30 with main income source (MIS) and 30 with complementary source (CS) to the dairy activity. The number of producers included in this study was based on availability. Six sampling periods were established, each of 60 days or two months, since August 2002 until July 2003 (P1, August – September 2003; P2, October – November 2003; P3, December – January 2003 – 2004; P4, February – March 2004; P5, April – May 2004; and P6, June – July 2004). The studied periods showed the following pluvial levels as mm: P1, 283.0; P2, 85.5; P3, 31.0; P4, 17.0; P5, 69.0; and P6, 402.5.¹³ A total of 360 milk samples were taken from the storage canister per herd at the end of the morning or afternoon milking. Samples were transported to the laboratory in refrigerated, sterile glass jars (4-6°C). All samples were analyzed within 24 h after collection.

Analysis of the milk physicochemical composition

Fat and protein contents, density and adulteration were assessed to each sample using an ultrasonic device.* Lactose content was determined by the Lane Eynon method;¹⁴ total solid content was evaluated by the Richmond mathematical method based on equation 1;¹⁵ pH was assessed using a potentiometer,** acidity by titration,¹⁴ and ash content by sample incineration at 500-550°C for one hour.¹⁶

ducción son: *Agrostis estolonifera*, *Agrostis tenuis*, cola de zorra (*Alopecurus pratensis*), tres barbas (*Asistida hintoni*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), navajita (*Bouteloua hirsuta*), grama dulce (*Cynodon dactylon*), *Digitaria sanguinalis*, *Eleocharis dombeyana*, pata de ganso (*Eleusine multiflora*), pipilotillo (*Enchinocloa aplismenoides*), zacatón (*Hilaria crenchioides*), carretilla (*Medicago trunculata*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), cola de ratón (*Sporobolus poiretti*, *S. indicus*), trébol azteca (*Trifolium amabile*).¹¹ Asimismo, los arvenses son el forraje que se encuentra disponible en época de lluvias, en su mayoría del cultivo de maíz. Carretero¹² identificó 30 especies, que en su mayoría pertenecen a las familias Asteraceae y Poaceae; la especie más común es la *Tridax rosea* Sch. Bip. La avena y la alfalfa se compra casi en todos los casos, el grano de maíz es molido y casi siempre se mezcla con otros ingredientes, la cantidad ofrecida de concentrado comercial varía de acuerdo con la situación económica de cada productor (Cuadro 1).

Colección de muestras

Se tomaron muestras de leche provenientes de 60 hatos de productores campesinos, 30 por cada zona, así como 30 con fuente principal de ingresos (FP) y 30 con fuente complementaria (FC) de la actividad lechera. El número de productores que participaron en este estudio se estableció con base en la disponibilidad. Se establecieron seis periodos (P) de muestreo, cada uno de éstos comprendió 60 días o dos meses, a partir de agosto de 2002 y hasta julio de 2003 (P1,

Equation 1

$$\% \text{ S. T.} = (0.25 * D) + (1.21 * \% G) + 0.66$$

where:

% S. T = total solid percentage

D = density value, millesimals as entire numbers

% G = fat percentage

Milk quality classification

Milk quality classification was based on the NMX-F-700-COFOCALEC-2004 Mexican Norm, which establishes three categories: classes A, B and C, based on fat and protein content. Class A must have >32 g/L and more than 31 g/L; class B, minimum 31 g/L and from 30 to 30.9 g/L; class C, minimum 30 g/L and from 28 to 28.9 g/L of fat and protein, respectively.

Statistical analysis

A split plot design was used aiming to evaluate region effect, sampling period and the economical importance of dairy production in each unit, as MIS or CS. It has been observed that MIS producers are prone to be more specialized and, in consequence, produce better quality milk.⁴ Regions were used as the blocking factor (NR and CR); the main plot was the economical importance of the milk production (MIS, CS) and the split plots were the different sampling periods (P1, P2, P3, P4, P5 and P6). The model used was:

$$Y_{ijk} = m + Z_i + F_j + d_{ij} + P_k(F*P) + e_{ijk}$$

Where:

Y_{ijk} = density, protein, fat, lactose, total solids, pH, ash and acidity results

m = general mean of each parameter

Z_i = zone effect (NR and CR)

F_j = economical importance of dairy production (MIS = main income source, CS = complementary income source)

d_{ij} = residual error of the main plot

P_k = sampling period effect (P = 1, 2, 3, 4, 5 and 6)

F*P = Income source and period interaction

e_{ijk} = residual error of the split plots

Data were analyzed by analysis of variance using the MINITAB v13 "general lineal model" command.¹⁷ Tukey test was done when significant differences were found among means at a P < 0.05 probability level. Correlation and regression analysis were done in order to assess the relation between added-water as adulteration and its effect on physicochemical composition.

agosto-septiembre, 2003; P2, octubre-noviembre, 2003; P3, diciembre-enero, 2003-2004; P4, febrero-marzo 2004; P5, abril-mayo, 2004; y P6, junio-julio, 2004). Los periodos estudiados presentaron los siguientes niveles de precipitación pluvial en mm: P1, 283.0; P2, 85.5; P3, 31.0; P4, 17.0; P5, 69.0; y P6, 402.5.¹³ Se tomaron 360 muestras de leche, que fueron recolectadas a partir del bote de almacenamiento por hato al finalizar el ordeño de la mañana o de la tarde, y transportadas al laboratorio en frascos de vidrio estériles bajo condiciones de refrigeración (4-6°C). Todas las muestras fueron analizadas en las 24 h siguientes a su recolección.

Análisis de la composición fisicoquímica de la leche

A cada muestra se le determinó el contenido de grasa, proteína, densidad y adulteración, mediante un medidor ultrasónico.* El contenido de lactosa se determinó mediante el método de Lane Eynon,¹⁴ el contenido de sólidos totales por el método matemático Richmond a partir de la ecuación 1,¹⁵ el pH se midió con un potenciómetro,** la acidez por el método de titulación,¹⁴ y el contenido de cenizas por incineración de las muestras a 500-550°C durante una hora.¹⁶

Ecuación 1

$$\% \text{ S. T.} = (0.25 * D) + (1.21 * \% G) + 0.66$$

donde:

% S. T. = porcentaje de los sólidos totales

D = valor de la densidad, sólo los valores millesimales como entero

% G = porcentaje de grasa

Clasificación de la calidad de la leche

La calidad de la leche se basó en la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2004, que establece tres categorías: clases A, B y C, que se encuentran en función del contenido de grasa y proteína. La clase A debe contener >32 g/L y más de 31 g/L, la clase B, mínimo 31 g/L y de 30 a 30.9 g/L, y la clase C, un mínimo de 30 g/L y de 28 a 28.9 g/L de grasa y proteína, respectivamente.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con el objeto de evaluar el efecto debido a la zona, del periodo de muestreo y del lugar que ocupa

*Ekomilk, EON Trading LLC, Bulgaria.

**Orion M520A, Estados Unidos de América.

Results

Table 2 shows the milk physicochemical composition per studied region, economical importance and period, as well as the interaction between the last two factors. Significant differences ($P < 0.05$) were found among regions for density, fat and total solid contents; being the NR the one with the highest levels. No significant differences ($P > 0.05$) were observed for pH, acidity, protein, lactose and ash contents between regions. All parameters were within the established by the NMX. Regarding milk physicochemical composition, according to the economical importance, significant differences were observed ($P > 0.05$) only for density. The highest levels for total solids were seen in the MIS producers case. There were no significant differences ($P > 0.05$) for pH, acidity, fat, protein, lactose, total solids and ash contents. Milk parameters were within the normal values established by the NMX in both cases (MIS, CS).

Significant differences ($P > 0.05$) were found among sampling periods for density, fat and ash contents, but not for protein, acidity, pH, lactose and total solids contents. P1 showed the highest levels for total solid contents, followed by P2; higher density ($P < 0.05$), protein and total solid contents were also found, even though the last two were not significantly different ($P > 0.05$) regarding the other periods. These relatively high levels were associated to the rainy season, when the pluvial precipitations were higher, especially during P1 and P6, as depicted in Figure 1, causing more green-forage availability. Furthermore, the lowest fat levels were found during the dry season, particularly in P4 and P5 ($P > 0.05$), that concur with the highest lactose levels (46 g/L), even though there were no significant differences ($P > 0.05$).

Total solids content showed a similar behavior in P3 and P4, without significant differences from the rest of the periods ($P > 0.05$). This happened when green-forage availability was low because of the scarce rain (Figure 1) and because of this, herd food was based on corn stubble and other dry forages. All measured parameters were within the levels established by the NMX (Figure 1).

In general, high protein levels concurred with increased density and total solids contents, and so both behaviors were considered. Positive and highly significant correlations between total solids content and density ($r = 0.8$, $P < 0.0$), protein ($r = 0.54$, $P < 0.007$) and fat contents ($r = 0.7$, $P < 0.0$) were also observed (Table 1).

Twenty-three out of the 360 samples (6.4%) showed water adulteration evidence; 20 of these belonged to the central region. Adulteration level ranged from 3 to 21.2 % of water per milk liter. Adulterated sam-

la lechería como actividad económica en las unidades de estudio; es decir, como fuente principal de ingresos (FP) o fuente complementaria (FC), pues se ha observado que aquellos productores para quienes la lechería representa su principal fuente de ingresos, tienden a ser más especializados; por lo tanto, producen leche de mejor calidad.⁴ La zona fue el factor de bloqueo (ZN y ZC), la parcela mayor constituyó el lugar de la lechería como fuente de ingresos (FP, FC), y la parcela menor significó los diferentes periodos de muestreo (P1, P2, P3, P4, P5 y P6). El modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = m + Z_i + F_j + d_{ij} + P_k(F*P) + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = resultados para densidad, proteína, grasa, lactosa, sólidos totales, pH, cenizas y acidez,

m = media general de cada parámetro,

Z_i = efecto debido a la zona (ZC y ZN),

F_j = lugar de la lechería como fuente de ingresos (FP = fuente principal, FC = fuente complementaria),

d_{ij} = error residual de la parcela mayor,

P_k = efecto debido al periodo de muestreo ($P = 1, 2, 3, 4, 5$ y 6),

$F*P$ = interacción de fuente de ingresos y el periodo,

e_{ijk} = Error residual de la parcela menor.

Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza a través del comando de “modelo general lineal” de MINITAB v13.¹⁷ Cuando se observaron diferencias significativas entre medias, se realizó una prueba de Tukey con un nivel de probabilidad de $P < 0.05$. Para establecer la relación entre la cantidad de agua agregada a la leche como adulteración, y su efecto sobre la composición fisicoquímica, se realizó un análisis de correlación y regresión lineal.

Resultados

El Cuadro 2 presenta la composición fisicoquímica de la leche por zona de estudio, por importancia económica de la lechería y por periodo, así como la interacción entre estos dos últimos factores. En densidad, grasa y sólidos totales se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre zonas; la ZN presentó los niveles más altos. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para pH, acidez, proteína, lactosa y cenizas entre zonas; todos los parámetros se hallaron dentro de lo establecido por la NMX. En cuanto a la composición fisicoquímica de la leche, de acuerdo con la importancia económica de la actividad lechera, se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) sólo para la densidad. Los niveles más altos de sólidos tota-

Cuadro 2
COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA LECHE POR ZONA DE ESTUDIO,
ACTIVIDAD Y PERIODO

MILK PHYSICOCHEMICAL COMPOSITION PER STUDIED REGION, ACTIVITY AND PERIOD								
Region	Density g/mL	pH	Acidity g/L	Protein g/L	Fat g/L	Lactose g/L	TS g/L	Ashes g/L
CR	1.0297 ^a	6.63 ^a	1.7 ^a	30.4 ^a	32.6 ^a	45.3 ^a	120.7 ^a	0.8 ^a
NR	1.0307 ^b	6.63 ^a	1.7 ^a	30.7 ^a	37.3 ^b	45.5 ^a	126.3 ^b	0.8 ^a
sem	0.052	0.008	0.02	0.2	0.3	0.3	0.7	0.005
Activity								
MIS	1.0299 ^a	6.65 ^a	1.7 ^a	30.4 ^a	35.5 ^a	45.5 ^a	124.2 ^a	0.8 ^a
CS	1.0304 ^b	6.61 ^a	1.7 ^a	30.7 ^a	34.4 ^b	45.3 ^a	122.8 ^a	0.8 ^a
sem	0.144	0.02	0.06	0.80	0.46	0.77	1.87	0.01
Period								
1	1.0310 ^a	6.67 ^a	1.7 ^a	31.9 ^a	36.0 ^a	45.6 ^a	126.3 ^a	0.8 ^a
2	1.0305 ^b	6.65 ^a	1.7 ^a	30.3 ^a	36.3 ^a	45.1 ^a	124.9 ^a	0.8 ^a
3	1.0300 ^b	6.65 ^a	1.7 ^a	30.9 ^a	34.0 ^a	44.2 ^a	122.6 ^a	0.8 ^a
4	1.0298 ^c	6.62 ^a	1.6 ^a	29.8 ^a	34.1 ^b	46.4 ^a	120.7 ^a	0.8 ^a
5	1.0300 ^c	6.60 ^a	1.6 ^a	30.1 ^a	32.9 ^b	46.6 ^a	121.9 ^a	0.8 ^a
6	1.0300 ^b	6.60 ^a	1.8 ^a	30.3 ^a	36.5 ^c	44.7 ^a	121.7 ^a	0.9 ^a
sem	0.037	0.006	0.01	0.12	0.20	0.22	0.5	0.003
R*A	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A*P	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{ab} Different letters within the same column mean statistical differences ($P < 0.05$), sem: standard error of the mean, NR: northern region, CR: central region, TS: total solids, MIS: main income source, CS: complementary source, R*A: region-activity interaction, A*P: activity-period interaction.

ples were identified throughout the six periods, but most of these were found during P4 (9/60). Adulteration affected milk physicochemical composition since a negative significant correlation ($P < 0.05$) was observed between added-water percentage and density of the adulterated samples (Figure 1). The equation obtained, $Y = -1802.4 * D + 1858.1$, allows to assess added-water percentage of milk in a more accurate way, using a lactodensimeter in those cases where the mentioned equipment is not available. In the same way, protein content showed a significant negative correlation ($r = -0.9$, $P < 0.0$) (Figure 2), as well as fat content ($r = -0.75$, $P < 0.05$) (Figure 3). This means that fat and protein contents decreased when water quantity increased (Figure 1).

Finally, classification of the milk produced by smallholder dairy systems in the State of Mexico, based on its physicochemical characteristics, can be done according to the guidelines established by the NMX as class B. However, it is important to point out that milk from P1 and P4 could be classified as class A and C, respectively. Adulterated milk is classified as deficient.

Discussion

Throughout the study, the main factors that were modified per region, economical importance and periods, were associated to fat content and density, since both variables are directly related. This is, the higher the fat levels, the lower the density and vice versa.^{18,19} However, when milk was adulterated by

les se observaron para el caso de los productores cuya actividad lechera es su principal fuente de ingresos. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para pH, acidez, grasa, proteína, lactosa, sólidos totales y cenizas. Los parámetros de la leche en ambos casos (FC, FP) se encontraron dentro de los valores normales establecidos por la NMX.

Entre los periodos de muestreo se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en densidad, contenido de grasa y cenizas, pero no para proteína, acidez, pH, lactosa y sólidos totales, en los que no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$). El P1 presentó los niveles más altos de sólidos totales seguido del P2, también se observaron niveles más altos en densidad ($P < 0.05$), proteína y sólidos totales, aunque estos dos últimos no fueron significativamente diferentes ($P > 0.05$) respecto de los otros periodos. Estos niveles relativamente altos estuvieron asociados con la época de lluvias, cuando se presentaron las precipitaciones más altas en particular en P1 y P6, como se muestra en la Figura 1; por lo tanto, se presentó también mayor disponibilidad de forrajes verdes. Asimismo, durante la época de secas se presentaron los niveles más bajos de grasa, en particular en los periodos 4 y 5 ($P < 0.05$), que coincidieron con los niveles más altos de lactosa (46 g/L), aunque no difirieron significativamente ($P > 0.05$).

El contenido de sólidos totales presentó un comportamiento similar en P3 y P4 sin ser significativamente diferente del resto de los periodos ($P > 0.05$). Lo anterior ocurrió cuando la disponibilidad de forrajes verdes fue menor debido a una menor pre-

water addition, this normal relation was altered. If water would not have been adulterated, maybe milk characteristics would have gotten the best classification (A) in most of the cases, according to the NMX. Herd-feeding strategies, market requirements and the different conditions along the year (rainy and dry seasons), might also have affected these variables.

For each of the studied regions, there were physicochemical quality criteria that fulfilled market necessities, for example, NR farmers produced milk with more density and fat content than CR farmers. This phenomenon may be attributable to the fact that most of the milk is sold to small cheese industries, who demand these elements from milk producers.⁶ This finding suggests the existence of some empirical knowledge in farmers about the fact that specific foods and forages can modify milk composition and guarantee a higher fat content. On the other hand, practically all milk from the CR is sold directly to the public or to intermediaries who are not so strict or do not worry about product quality. Chombo²⁰ found results lower than the ones obtained in this study, for smallholder dairy farmers in Michoacan, Mexico, with crafty cheese production, recording 36 g/L of fat and 118 g/L of total solid contents, which are lower than those from the NR found in this study; likewise, he explains that traditionally and for market requirements, high fat levels are desirable. Cervantes *et al.*²¹ report that 34 g/L is the mean fat content in family dairy-farms, as it is also known the smallholder dairy system of the Altos de Jalisco, Mexico; this fat level is higher than the one found in the CR, but lower than that in the NR in this study. They also point out that agricultural industries of that region have settled 33 g/L as the minimum fat level. A fix fat content has not been required yet from crafty cheese-producers in the NR, but it is a fact that the higher the fat and total solid contents, the higher the milk yield for cheese production, as it was observed in the NR.

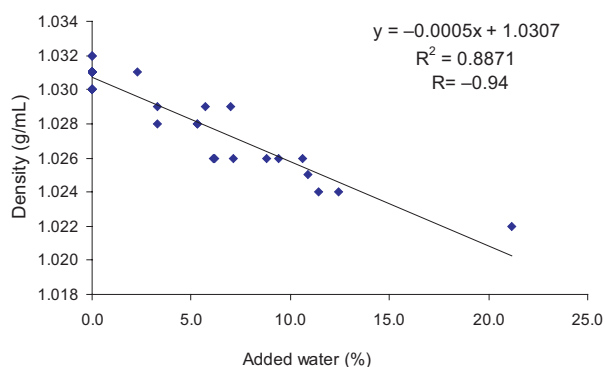


Figura 1: Relación entre la cantidad de agua adicionada (en %) y la densidad (g/mL) de la leche.

Figure 1: Relation between added-water amount (%) and milk density (g/mL).

cipitación (Figura 1), por lo que la alimentación del ganado se basa principalmente en rastrojo de maíz y otros forrajes secos. Nuevamente todos los parámetros medidos estuvieron dentro de los niveles establecidos por la NMX (Figura 1).

En general, se observó que altos niveles de proteína coincidieron con una mayor concentración de sólidos totales y con una mayor densidad, por lo que se consideraron ambos comportamientos. También se observó correlación positiva y altamente significativa entre sólidos totales y densidad ($r = 0.8$, $P < 0.0$), contenido de proteína ($r = 0.54$, $P < 0.007$) y contenido de grasa ($r = 0.7$, $P < 0.0$) (Cuadro 1).

Se observó que del total de las 360 muestras analizadas, 23 (6.4%) mostraron evidencia de haber sido adulteradas con agua, de las cuales 20 pertenecían a la zona centro; los niveles de adulteración fueron desde 3% hasta 21.2% de agua por litro de leche. A lo largo de los seis periodos se identificaron muestras adulteradas, pero el periodo 4 mostró mayor número de éstas (9/60). Esta adulteración tuvo efecto sobre la composición fisicoquímica de la leche, pues se observó correlación negativa significativa ($P < 0.05$) entre el porcentaje de agua agregada y la densidad de la leche de las muestras adulteradas (Figura 1). La ecuación obtenida, $Y = -1802.4 * D + 1858.1$, permite calcular el porcentaje de agua agregada a la leche, de manera más precisa, obtenida mediante un lactodensímetro en los casos donde no se cuente con un equipo como el referido anteriormente. De igual forma, el contenido de proteína presentó una correlación negativa significativa ($r = -0.9$, $P < 0.0$), como se observa en la Figura 2, al igual que el contenido de grasa ($r = -0.75$, $P < 0.05$) (Figura 3); es decir, el contenido de grasa y proteína disminuyó en la medida en que la cantidad de agua aumentó (Figura 1).

Finalmente, de acuerdo con los lineamientos establecidos por la NMX, la leche que se produce en los

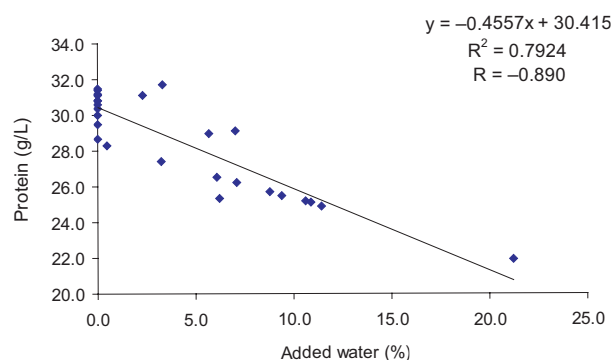


Figura 2: Relación entre la cantidad de agua adicionada (en %) y contenido de proteína (g/L) de la leche.

Figure 2: Relation between the added-water amount (%) and milk protein content (g/L).

that the increased fat levels in the milk from this kind of productions is caused by the high forage diets.²⁶⁻²⁸

A lower fat content (34.44 g/L) was seen in the CS productions. These producers use a confined system in which feeding is based on corn stubble, ground corn, agroindustrial (molasses, soy, corn) and animal-production byproducts (poultry feces) available all along the year. Considering this, it is suggested that the ability to produce milk with better quality depends on the proper ingredient combination for animal feeding, since if there is not a good use of these products (as it actually occurs), fat and other component levels are affected. The fact that these producers are less dedicated to take care of the herd because of the other activities that complement their economy, such as fixed-paid jobs in Toluca and Mexico City, may also affect negatively dairy production.³ The number of cows did not represent an analysis element related to milk composition, because in both groups they count with stocks of three to 20 animals.

Milk-composition evaluation, during the six periods of the study yielded differences, especially regarding density and fat levels. Allore *et al.*²⁹ report a significant seasonal effect on milk composition, particularly on fat content. Furthermore, the main influence of seasonal variations is associated to diet changes.³⁰ These statements agree with the observed during P1, P2 and P6, which occurred during the rainy season, in which the highest fat levels were observed. Green forages might be the cause of the fat increase, either in grazing conditions or chopped prairies, silages, along with sown plants given as green forage. According to Chamberlain and Wilkinson,²⁵ fiber content has a more important effect on milk fat content, since high fiber diets promote fat levels higher than low fiber diets. However, fat production assessment with different diet-fiber levels is still uncertain. For example, diets with more than 60% of concentrated or less than 250 g of acid detergent fiber (ADF)/kg of dry matter, ADF content is closely related to milk fat content; this is, a positive correlation is only seen at low fiber consumption, but not at high levels.²⁵

Furthermore, it was observed that when animals are fed with very young forages, milk fat level decreases due to the low fiber content.³¹ This may have been the situation in P5 (April-May). On the other hand, when animals are fed with conserved forages, such as silages or hay, maturity-forage effect on milk fat content is also unknown.²⁵ However, Gallardo³¹ suggests that low fat contents can be seen perhaps because of the high fiber levels, but this concerns to a fiber that is slowly digested in the rumen, decreasing its availability for fatty acid production, especially acetic acid.^{24,32} During period 3, 4 and 5 (dry season) herd-diet ingredients are fiber rich, but with low availability, particularly corn stub-

pesinos de la región de los Altos de Jalisco, México, el contenido promedio de grasa es de 34 g/L, mayor al contenido que se observa en la ZC, pero menor al de la ZN. También informa que las agroindustrias de esa región han fijado un mínimo de 33 g/L de grasa de leche. En la ZN aún no se les ha pedido un valor fijo en el contenido de grasa a los productores de queso artesanal, pero es un hecho que a mayor contenido de grasa y de sólidos totales, como se observó en la ZN, es mayor el rendimiento en la producción de quesos.

Otro factor que pudo influir en el mayor contenido de grasa y de sólidos totales registrados en la ZN es que en esta región la alimentación del ganado se basa, en su mayoría, en el uso de forrajes, como praderas de gramíneas y leguminosas, alfalfa, avena y cebada, y en menor medida en el uso de concentrados.²² Mientras que en la ZC el principal forraje es el rastrojo de maíz, en algunos casos el pastoreo de pastos nativos (principalmente en Almoloya de Juárez), maíz molido, deshierbes, uso de concentrados¹¹ y de subproductos agroindustriales como pollinaza, ha hecho que quizá se haya tenido menor contenido de casi todos los componentes de la leche.

Si bien los animales de ambas zonas de estudio son encastados con la raza Holstein,⁴ y con la presencia de programas de mejoramiento genético enfocados a lograr la pureza en la raza, es razonable comparar los datos obtenidos con esta raza en virtud de que la mayor parte del ganado es blanco y negro, y fenotípicamente es Holstein. En la ZN el promedio de grasa obtenido fue de 37.28 g/L y el de sólidos totales, de 126.33 g/L; ambos componentes rebasan el promedio de grasa de 35.4 g/L y de 121 g/L de sólidos totales establecidos como normal para la raza Holstein.²³ Sin embargo, en la ZC se produce leche con menor contenido de grasa y sólidos totales al esperado de la raza Holstein, lo cual puede deberse a una alimentación inadecuada del ganado en esta zona, o bien a la falta de conocimiento por parte de los productores sobre cómo modificar esta variable mediante la alimentación del ganado.

La legislación mexicana establece un contenido mínimo de 30 g/L de grasa y 115 g/L de sólidos totales; los dos parámetros fueron rebasados en ambas zonas de estudio, lo cual se explica por los bajos niveles de rendimiento de leche del ganado en la región,⁴ ya que está establecido que a menores rendimientos de leche, la concentración de grasa y proteína es mayor.^{24,25}

Destaca la diferencia entre la composición de la leche entre los productores que dependen de la lechería como fuente principal de ingresos, y productores que complementan sus ingresos con la actividad lechera. Las diferencias en la composición de la leche se observaron sólo en la densidad y en el contenido de grasa. Se registró mayor contenido de grasa (35.53 g/

ble and, in a lesser degree, commercial balanced food, along with the assorted agroindustrial and animal-production byproducts already mentioned. According to Spreer,¹⁹ Yamandu,³² Santos³³ and Arriaga,²⁸ this situation might have provoked a decrease in milk fat content because of an inadequate ruminal fermentation, decreasing production of acetic acid and another volatile acids, mainly those that form fatty acids.

Regarding the water-addition problem that affects milk physicochemical characteristics, the higher total solids amount was found in the NR, where no water-adulteration was recorded; this problem only affected the CR. Milk-dilution effect by water addition could also explain differences between regions. Most of the adulterated samples were found during P4, probably because this period corresponded to the middle of the dry season, when animals have poor body condition that decreases production.⁴ Because of this, producers may need to compensate this low production by adding water to milk, in order to increase volume and maintain their income level. Adulteration affects milk composition, especially protein content, even when this change is not significantly different from other period contents.

It is possible to conclude that, in general, milk produced by smallholder dairy farmers fulfills the minimum standards established by the Mexican Norm, except for adulteration cases. Likewise, the best quality was observed in those producers that are focused to a more specialized market and dairy-product commercialization, reaching an average quality for milk classification or B. Finally, it was found that seasonality of the production system has an effect on milk quality, which is widely influenced by forage quality and availability for animal consumption.

Acknowledgements

Authors thank the Autonomous University of the State of Mexico (Code UAEM 1735/2003) and the ICAMEX of the State of Mexico Government for financing this project. Support provided by the studied communities is also acknowledged as an indispensable part of the study.

Referencias

1. Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura. FIRA Tendencias y oportunidades del desarrollo de la lechería en México. Boletín informativo No. 317, Vol XXIII. FIRA, Banco de México. México. 2001.
COFOCALEC. Norma Mexicana NMX-F-700-COFO-
2. CALEC-2004. Sistema producto leche-Alimento lácteo leche cruda de vaca- Especificaciones físico-químicas y sanitarias y métodos de prueba. México (DF): Consejo

L) en la leche que producen hatos de productores con fuente de ingresos principalmente de la lechería. En esos sistemas de producción, en su mayoría el ganado está semiestabulado, la alimentación del ganado se basa en el pastoreo (4-6 horas al día), ensilados de maíz, praderas de corte y, en menor medida, alimentos comerciales; se cree que las dietas ricas en forraje han sido las precursoras de la mayor cantidad de grasa en la leche en este tipo de productores.²⁶⁻²⁸

En los centros de producción en los que los productores complementan sus ingresos con la lechería, se presentó menor contenido de grasa (34.44 g/L); este segundo grupo tiene a su ganado en un sistema estabulado y lleva a cabo sus estrategias de alimentación, basadas en rastrojo de maíz, maíz molido, subproductos agroindustriales (melaza, masilla) y agropecuarios (pollinaza), disponibles todo el año. Lo anterior sugiere que la capacidad para producir leche de mejor calidad, depende de la adecuada combinación de estos ingredientes en las raciones de alimento para los animales, ya que si no hay un adecuado uso de estos productos en la ración (como de hecho ocurre), el contenido de grasa y de otros componentes se verá afectado. Otro factor que puede limitar al sistema puede ser que este grupo de productores dedica menor tiempo y cuidado a su hato, debido a otras actividades que deben realizar y que complementan su economía, como trabajos asalariados en las ciudades de Toluca y México.³ El número de vacas no representó un elemento de análisis relacionado con la composición de la leche, ya que en ambos grupos se cuenta con hatos de tres a 20 animales.

La evaluación de la composición de la leche, en los seis periodos que abarcaron el estudio, mostró diferencias en los componentes de densidad y grasa, principalmente. Allore *et al.*²⁹ indican un efecto estacional significativo en la composición de leche, particularmente en el contenido de grasa. Asimismo, la máxima influencia sobre las variaciones estacionales tiene relación con los cambios de dieta.³⁰ Estas aseveraciones coinciden con lo observado en los periodos 1, 2 y 6, que ocurrieron durante la temporada de lluvias, en la que se observó mayor contenido de grasa en la leche, probablemente debido a la alimentación rica en forrajes verdes, ya sea en condiciones de pastoreo o praderas de corte, ensilados, así como por el uso de arvenses, ofrecidos como forraje verde. De acuerdo con Chamberlain y Wilkinson,²⁵ el contenido de fibra en la dieta ejerce el efecto más importante sobre la concentración de grasa en la leche, ya que dietas altas en fibra promueven mayor contenido de grasa que las dietas bajas en fibra. Sin embargo, cuantificar la respuesta en producción de grasa a diferentes niveles de fibra en la dieta es todavía incierto. Por ejemplo, en dietas que contienen más de 60% de concentrados o

para el fomento de la calidad de la leche y sus derivados COFOCALEC, 2005.

3. Espinoza-Ortega A, Álvarez-Macías A, Del Valle M C, Chauvette M. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Téc Pecu Méx* 2005; 43:39-56
4. Castelán O O, Matthewman R W, González M E, Burgos G R. Caracterización y evaluación de los sistemas campesinos de producción de leche. El caso de dos comunidades del Valle de Toluca. *Ciencia Ergo Sum* 1997; 4: 316-326.
5. Arriaga J C, Espinoza O A, Albarrán P B, Castelán O O. Perspectivas y retos de la producción de leche en pequeña escala en el Centro de México. En: Yúñez-Naupe A, comp. Los pequeños productores Rurales ante las reformas. México (DF): Centro de Estudios Económicos de El Colegio de México, 2000.
6. Espinoza O A. Reestructuración de la lechería en la Región Noroeste del Estado de México, en el marco del proceso de globalización (tesis de doctorado). México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 2004.
7. Bernal L, Rojas M, Rosales A, Vázquez C, Espinoza A, Castelán O. Diagnóstico de la calidad sanitaria de leche bronca en sistemas campesinos del Estado de México. *Memorias del Congreso Internacional Agroindustria Rural y Territorio*; 2004 diciembre 1-4; Toluca (Edo. de México) México. Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2004: 97-98.
8. Espinoza O A, Álvarez A M, Del Valle M C, Chauvette M. Caracterización de la Industria Quesera de la Zona Noroeste del Estado de México. *Memorias del Seminario Internacional nuevas tendencias en el Análisis socioeconómico de la lechería en el contexto de la globalización*; 2002 septiembre 25, 26, 27; Toluca (Edo. de México) México. Toluca (Estado de México) México: CICA-UAEM Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de México, CIESTAAM-UACH Centro de Investigaciones económicas, sociales y tecnológicas de la agroindustria y la agricultura mundial de la Universidad Autónoma Chapingo y UAM-X Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, 2002: 123-133.
9. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Anuario estadístico de la producción pecuaria de los Estados Unidos Mexicanos 2004. México (DF): SAGARPA, 2005.
10. Rivera H G, Arellano H A, González D L, Arriaga J C, coordinadores. Investigación para el desarrollo rural. Diez años de experiencia del Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA). Toluca (Edo. de México) México: Universidad Autónoma del Estado de México (DF), 1997.
11. Rodríguez M M A. Estudio sobre las prácticas de alimentación de las vacas lecheras en sistemas de producción de leche en pequeña escala en dos comunidades del Valle de Toluca (tesis de licenciatura). Toluca (Edo. de México) México: Universidad Autónoma del Estado de México, 1999.
12. Carretero R L. Determinación de las características

menos de 250 g de fibra detergente ácida (FDA)/kg de materia seca, el contenido de FDA en la dieta está cercanamente relacionado con el contenido de grasa en la leche, es decir, sólo se observa correlación positiva a bajos consumos de fibra, pero no a altos niveles.²⁵

Asimismo, se observó que cuando se alimenta a los animales con forrajes muy jóvenes, el contenido de grasa disminuye debido al bajo contenido de fibra en ellos,³¹ como quizá ocurrió en el P5 (abril-mayo); mientras que cuando los animales se alimentan con forrajes conservados, como ensilado o henificados, el efecto del grado de madurez del forraje sobre el contenido de grasa de la leche es también incierto.²⁵ Sin embargo, Gallardo³¹ sugiere que se pueden observar bajos niveles de grasa en leche quizá debido a altas concentraciones de fibra, pero se trata de una fibra que es de lenta degradación en el rumen, lo que disminuye su disponibilidad para la síntesis de ácidos grasos volátiles, en particular acético.^{24,32} En los periodos 3, 4 y 5, durante la época de secas, los ingredientes de la dieta del ganado son ricos en fibra, pero de baja disponibilidad; principalmente rastrojo de maíz y, en menor cantidad, alimentos balanceados comerciales, así como diversos subproductos agroindustriales y agropecuarios ya mencionados, lo cual pudiera haber provocado descenso en el contenido graso de la leche, debido a que la fermentación en el rumen es defectuosa y disminuye la producción de ácido acético y otros ácidos volátiles, principales formadores de ácidos grasos, como también lo explican Spreer,¹⁹ Yamandú,³² Santos³³ y Arriaga.²⁸

Respecto a la adición de agua como problema que afecta las características fisicoquímicas de la leche, el mayor contenido de sólidos totales se observó en la ZN, en donde no se registró adulteración con agua, pues este problema sólo se detectó en la ZC. El efecto de dilución de la leche por adulteración con agua también podría explicar las diferencias entre zonas. En el P4 se registró el mayor número de muestras adulteradas, situación que se puede explicar porque éste correspondió a la mitad de la época de secas, cuando los animales se encuentran en mala condición corporal, lo que ocasiona que su producción disminuya.⁴ Por esta razón, quizá los productores tengan necesidad de compensar esta baja de producción mediante la adición de agua a la leche, para obtener mayor volumen y mantener su nivel de ingreso; esta adulteración afecta la composición de la leche, principalmente en el contenido de proteína, aun cuando ese cambio no sea significativamente diferente al contenido en otros periodos.

En general, es posible concluir que la leche producida en sistemas campesinos cumple con los estándares mínimos que fija la norma mexicana, salvo en el caso de la leche adulterada. Asimismo, se observó

- nutricionales de los arvenses de maíz del Valle de Toluca y la zona de montaña de San Felipe del Progreso a través de la técnica de producción de gas *in vitro* y otras técnicas tradicionales (tesis de licenciatura). Toluca (Edo. de México) México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2003.
13. Comisión Nacional del Agua (Conagua). Subgerencia General de Administración del Agua. México (DF): Gerencia en el Estado de México, 2003-2004.
 14. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003 (6 marzo). México (DF): Secretaría de Economía (SE), 2003.
 15. Francis K P. Introducción a la Lactología. México (DF): Ed. Limusa, 1986.
 16. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial Norma Mexicana NMX-F-026-1997-SCFI (8 septiembre). México (DF): Secretaría de Economía (SE), 1998.
 17. Minitab v13. User's guide 2: Data Analysis and Quality Tools. Pennsylvania (USA): Minitab, 2000.
 18. Barberis S. Bromatología de la leche. Buenos Aires (Argentina): Ed. Hemisferio Sur S A, 2002.
 19. Spreer E. Lactología Industrial. Zaragoza (España): Ed. Acribia, 1991.
 20. Chombo M P. El reto que sobre la calidad enfrentan los productores de la leche en Jalisco y Michoacán, como consecuencia de la apertura comercial. En: Martínez B E, Álvarez M A, García H L A, Del Valle M C, coordinadores. Dinámica del sistema lechero mexicano en el marco regional y global. México (DF): Ed. Plaza y Valdez, 1999:325-260.
 21. Cervantes E F, Santoyo C H, Álvarez M A. Lechería Familiar. Factores de éxito para el negocio. México DF: Ed. Plaza y Valdez, S A de C V, 2001.
 22. Bastida L J. Análisis de la alimentación en sistemas campesinos de producción de leche en el Noroeste del Estado de México (tesis de licenciatura). Toluca (Edo. de México) México: Universidad Autónoma del Estado de México, 2003.
 23. Oldham J D, Sutton J D. Composición de la leche y la vaca de alta producción. En: Broster W H, Swam A G T, comp. Estrategias de alimentación para vacas lecheras de alta producción. México (DF): AGT Editor SA, 1983:89-108.
 24. Preston T R, Leng R A. Matching Ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. New South Wales (Australia): Penambul Books Armidale, 1987.
 25. Chamberlain A T, Wilkinson J M. Feeding the Dairy Cow. Lincoln (UK): Chalcombe Publications, 2002.
 26. Kaufman W. Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH regulation in the rumen and on feed intake in ruminants livestock. Prod Sci 1976;3:103-114.
- que la mejor calidad se encontró en los productores que atienden a un mercado más especializado de producción y comercialización de lácteos, alcanzando la clasificación de una leche de calidad promedio, o B. Finalmente, se observó que la calidad de la leche resulta afectada por la estacionalidad del sistema de producción, que está muy influido por la disponibilidad y calidad de los forrajes con que se alimenta al ganado.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma del Estado de México (Clave UAEM 1735/2003) y al ICAMEX del Gobierno del Estado de México, el financiamiento para la realización de este proyecto. Se agradece también el apoyo de los productores en las comunidades estudiadas, sin el cual la realización de este trabajo no hubiera sido posible.

-
27. McDonald P, Edwards R A, Greenhalgh J F D. Nutrición Animal. 4ª ed. Zaragoza: Ed. Acribia, 1998.
 28. Arriaga J C. Estrategias de Alimentación de Bovinos Lecheros en Sistemas de Producción en Pequeña Escala. En: Castelan O O A, comp. Estrategias para el mejoramiento de los sistemas de producción de leche en pequeña escala. Universidad Autónoma del Estado de México, 1996: 45-68.
 29. Allore H G, Oltenacu P A, Erbs H N. Effects of season, herd size, and geographic region on the composition and quality of milk in the Northeast. J Dairy Sci 1997;80:3040-3049.
 30. Phillips C J C. Avances de la ciencia de la producción lechera. Zaragoza: Ed. Acribia, 1998.
 31. Gallardo M. Alimentación y composición de la leche. Memorias del Seminario Mercoláctea; 2003 mayo 10; San Francisco (Córdoba) Argentina. San Francisco (Córdoba) Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario (INTA) Rafaela, 2003:1:16.
 32. Yamandú A. Calidad de leche: Alimentación y rendimiento de sólidos. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Jornada de lechería 10 años de actividades del laboratorio de Calidad; 2002 junio 11; La Estanzuela (Colonia) Uruguay. La Estanzuela (Colonia) Uruguay: Serie de actividades de Difusión N° 287, 2002:49-57.
 33. Santos A. Leche y sus derivados. México (DF): Ed. Trillas, 1998.